



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

223. Widerstand. Leitfähigkeit

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

223. **Widerstand. Leitfähigkeit.** Wenn man ein galvanisches Element durch einen Draht schließt, so zeigt ein gleichzeitig in den Schließungskreis eingeschalteter Strommesser (z. B. eine Tangentenbussole), daß der Strom schwächer wird, wenn man den Schließungsdraht länger macht. Wir schreiben diese Schwächung des Stromes einem Widerstand zu, welchen der Draht dem Durchgang des Stromes entgegensetzt, vergleichbar dem durch Reibung verursachten Widerstand, welchen Wasser erleidet, das in stationärer Bewegung durch eine Röhre strömt, an deren Enden verschiedener Druck herrscht (vgl. 68); wir nehmen an, daß jener galvanische Widerstand, wie dieser, bei gleichem Querschnitt in demselben Verhältnis wie die Länge der Leitung wächst.

Für Drähte aus gleichem Stoff ergibt sich, daß die Stromstärke ungeändert bleibt, wenn man ihre Längen und gleichzeitig in demselben Verhältnis ihre Querschnitte vergrößert. Bei gleichbleibender Länge ist also der Widerstand eines Leiters seinem Querschnitt umgekehrt proportional. Die Gestalt des Querschnittes ist dabei gleichgültig. Wird z. B. ein zylindrischer Draht ohne Änderung seiner Länge platt gewalzt, so ändert sich sein Widerstand nicht.

Verschiedene Stoffe zeigen bei gleichem Querschnitt und gleicher Länge verschiedenen Widerstand. Man kann z. B. einen Neusilberdraht durch einen  $13\frac{1}{2}$  mal so langen Kupferdraht von gleichem Querschnitt ersetzen, ohne daß die Stromstärke sich ändert; der Widerstand dieses Kupferdrahtes ist also gleich demjenigen des Neusilberdrahtes, oder bei gleicher Länge und gleichem Querschnitt ist der spezifische Widerstand des Kupfers nur  $1:13\frac{1}{2}$  von demjenigen des Neusilbers, oder seine spezifische Leitungsfähigkeit ist  $13\frac{1}{2}$  mal so groß wie diejenige des Neusilbers.

Zusammengefaßt ergibt sich also: Der Widerstand eines linearen Leiters (z. B. Drahtes) steht im geraden Verhältnis seiner Länge, im umgekehrten Verhältnis seines Querschnittes und seiner spezifischen Leitfähigkeit.

Bezeichnet man die Länge eines Drahtes mit  $l$ , seinen Querschnitt mit  $q$ , seine spezifische Leitfähigkeit mit  $k$ , und seinen Widerstand mit  $r$ , so hat man hiernach:

$$r = \frac{l}{k q}.$$

Der spezifische Widerstand ist der reziproke Wert der spezifischen Leitfähigkeit,  $= 1:k$ .

Für die spezifische Leitfähigkeit der reinen festen Metalle ergeben sich, wenn man diejenige des Quecksilbers  $= 1$  annimmt, folgende Zahlen:

Silber . . . . .	59	Platin . . . . .	8
Kupfer . . . . .	55	Eisen . . . . .	8
Gold . . . . .	41	Blei . . . . .	5
Zink . . . . .	15	Wismut . . . . .	0,8



Vergleicht man diese Zahlenreihe mit derjenigen für die Wärmeleitfähigkeit derselben Metalle (125), so findet man die von G. Wiedemann und Franz (1853) entdeckte, merkwürdige Beziehung, daß die elektrische Leitfähigkeit der Metalle mit der Wärmeleitfähigkeit proportional ist.

Die Leitfähigkeit von Legierungen liegt nicht immer zwischen denjenigen ihrer Bestandteile. Die Leitfähigkeit eines Metalles wird oft durch eine geringe Beimischung eines anderen beträchtlich geändert. Auch Änderungen des inneren Gefüges üben Einfluß auf die Leitfähigkeit; so z. B. nimmt mit dem Härten des Stahls sein Leitvermögen zu.

Auch die zwischen den Elektroden einer Zersetzungszelle oder zwischen den Platten eines galvanischen Elements enthaltene Flüssigkeitsschicht kann als ein linearer Leiter, gleichsam als ein Flüssigkeitsdraht, angesehen werden, dessen Länge gleich dem längs der Strombahn gemessenen Abstand der Platten und dessen Querschnitt gleich der Oberfläche der Platten ist. Die Leitfähigkeit der Flüssigkeiten oder Leiter zweiter Klasse (Elektrolyte) ist weit geringer als diejenige der Metalle; so beträgt z. B. die Leitfähigkeit der verdünnten Schwefelsäure (30%) nur 71 Millionteile (0,000 071) von derjenigen des Quecksilbers, die einer konzentrierten Silbernitratlösung 0,000 020, die einer gesättigten Lösung von Kupfersulfat 0,000 004.

Da in den Elektrolyten der Transport der Elektrizität ausschließlich durch die Wanderung der Ionen bewirkt wird (210), so hängt die Leitfähigkeit der Elektrolyte von der Zahl der zwischen den Elektroden vorhandenen Ionen und von ihrer Wanderungsgeschwindigkeit ab. Mit wachsender Konzentration einer Lösung nimmt daher ihre Leitfähigkeit zu. Doch ist die Leitfähigkeit der Konzentration nicht proportional, sondern sie nimmt langsamer zu, als der Konzentrationszunahme entspricht, weil nur der dissoziierte Anteil des gelösten Stoffes die Leitung vermittelt, mit wachsender Konzentration aber ein wachsender Anteil des gelösten Stoffes undissoziiert bleibt, die Zahl der Ionen also nicht entsprechend der Konzentrationszunahme wächst. Auch mit der Temperatur ändert sich der Dissoziationsgrad. Vor allem aber wächst mit steigender Temperatur die Beweglichkeit der Ionen, weil die Reibungswiderstände geringer werden. Daher kommt es, daß die Leitfähigkeit der Elektrolyte mit wachsender Temperatur rasch zunimmt, ihr Widerstand also entsprechend abnimmt; für konzentrierte Zinksulfatlösung z. B. um 3 Prozent für je 1°.

Der spezifische Widerstand der Metalle dagegen nimmt bei Erwärmung zu: die Zunahme für 1° C. oder der Temperaturkoeffizient beträgt z. B. für Quecksilber 0,00092, für die festen einfachen Metalle nahezu 0,0037 (nahezu gleich dem Ausdehnungskoeffizienten der Gase), für Neusilber nur 0,0004, noch weniger für Nickelin und Manganin. Bei Gaskohle und Graphit nimmt der Widerstand mit steigender Temperatur ab. Kristallinisches Selen leitet besser, wenn es von Licht bestrahlt wird. Der Widerstand des Wismuts wächst, wenn es von Magnetkraftlinien senkrecht zur Stromrichtung getroffen wird, proportional der Feldstärke. Vermöge dieses Verhaltens läßt sich die magnetische Feldstärke durch Widerstandsmessung bestimmen.



224. **Widerstandseinheit.** Als Einheit des Widerstandes wurde von W. Siemens derjenige eines Quecksilberfadens von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei einer Temperatur von  $0^{\circ}$  (1 Siemens) vorgeschlagen. Durch internationale Übereinkunft wurde später eine andere nach theoretischen Gesichtspunkten gewählte Widerstandseinheit, das Ohm (benannt zu Ehren G. S. Ohms, des Entdeckers der Gesetze des galvanischen Stromes, s. 226) festgesetzt. Ein Ohm ist der Widerstand eines Quecksilberfadens von 106,3 cm Länge und 1 qmm Querschnitt bei  $0^{\circ}$  (oder von 106,3 cm Länge und, da der Querschnitt praktisch durch Wägung bestimmt wird, von 14,4521 g Gewicht).

Auch den Angaben über den spezifischen Widerstand legt man die Ohm-Einheit zugrunde, indem man den Widerstand eines Zylinders von 1 qcm Querschnitt und 1 cm Länge, in Ohm gemessen, als spezifischen Widerstand bezeichnet. (Widerstand eines cm-Würfels in Ohm.) Diese für die Metalle kleinen Zahlen (z. B. Kupfer 0,000 001 7, Platin 0,000 010 8, Quecksilber 0,000 095 8 bei  $18^{\circ}$ ) geben mit  $10^4$  multipliziert den Widerstand eines Drahtes von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt in Ohm (Kupfer 0,017, Platin 0,108, Quecksilber 0,958). In demselben Maße ist der spezifische Widerstand einer gesättigten Kupfersulfat-Lösung 22 Ohm-cm-Würfel.

225. **Rheostate.** Zur Feststellung der Einheit des Widerstandes hat man das Quecksilber gewählt, weil es sich jederzeit leicht (durch Destillation) in vollkommener Reinheit darstellen läßt. Zum Gebrauche bei Messungen würde jedoch das flüssige Metall unbequem sein; man kann aber Drähte aus festem Metall so abpassen, daß ihr Widerstand der Widerstandseinheit (1 Ohm) oder einem beliebigen Vielfachen oder Bruchteil derselben gleich ist. Als

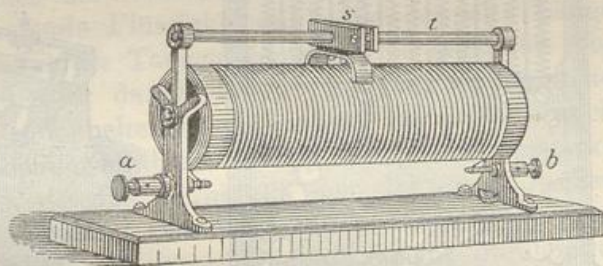


Fig. 185.  
Einfacher Regulierwiderstand.

Material nimmt man zweckmäßig Neusilber (54% Kupfer, 28% Zink, 18% Nickel) oder noch besser Manganin (84 Kupfer, 12 Mangan, 4 Nickel), Konstantan (60 Kupfer, 40 Nickel) oder Nickelin (54 Kupfer, 26 Nickel, 20 Zink), Legierungen, die sich durch großen spezifischen Widerstand (ungefähr 0,000 04 Ohm-cm-Würfel) und geringe Abhängigkeit desselben von der Temperatur auszeichnen.

Vorrichtungen, welche dazu dienen, in einen Schließungskreis Widerstände von bekannter Größe nach Belieben ein- oder auszuschalten, ohne den Strom zu unterbrechen, sei es, um dadurch eine gewünschte Stromstärke zu erzielen, sei es behufs Vergleichung unbekannter Widerstände mit bekannten, nennt man Rheostate.

Einen einfachen Regulierwiderstand, die neuere Gestaltung einer ursprünglich von Wheatstone angegebenen Rheostatenform zeigt